

CARACTERIZACIÓN DE METALES Y VIDRIOS

Dra. María de los Ángeles Villegas

Instituto de Historia (CCHS-CSIC). C/Albasanz 26-28, 28037 Madrid

mariangeles.villegas@cchs.csic.es

1. Caracterización de metales

Los metales y los materiales que derivan de ellos (aleaciones) son los más sensibles a los efectos negativos de la contaminación atmosférica. El proceso que tiene lugar en la superficie de los metales se denomina corrosión y ocasiona, además del deterioro superficial, a una pérdida de las propiedades mecánicas, a la alteración de las propiedades eléctricas y a la destrucción de su integridad. Por lo tanto, la conservación de los materiales metálicos de los bienes culturales está íntimamente ligada al conocimiento de los procesos de corrosión y de los procedimientos para evaluarla, prevenirla y evitarla.

La corrosión se produce de modo natural y se acelera e intensifica por la concurrencia de contaminantes atmosféricos como el dióxido de azufre (SO_2), los óxidos de nitrógeno (NO_x), el ozono (O_3) y las partículas sólidas, principalmente. Cuando estos contaminantes gaseosos se combinan con la humedad ambiental dan lugar a ácidos fuertes que son los que directamente provocan y aceleran la corrosión.

La conservación de bienes culturales metálicos es, con toda seguridad, la más crítica debido a la tendencia inexorable y espontánea de los metales a recuperar su estado natural, que es el oxidado, ya que así se encuentran sus respectivos minerales en la naturaleza. La conservación de los metales de los bienes culturales necesita la colaboración de profesionales de diferentes disciplinas, especialmente de la química. El caso de los metales de procedencia arqueológica es el más grave, puesto que pueden verse afectados en su morfología y tamaño global, e incluso perder prácticamente todo el cuerpo metálico. Ello hace imprescindible, además de su restauración, inducir la inhibición de los procesos de corrosión tanto como sea posible.

La corrosión puede ser de origen químico o electroquímico. La corrosión química provoca la destrucción del metal por la acción de gases o líquidos no electrolíticos, por ejemplo, la corrosión a alta temperatura. Este tipo de corrosión da lugar a una capa de oxidación en la superficie del metal.

La corrosión electroquímica se produce cuando los procesos se deben a la acción de electrolitos en la superficie del metal. Desde el punto de vista químico consisten en una reacción de óxidoreducción (reacción redox) en la que el metal se oxida y se destruye, mientras que el hidrógeno de la disolución del electrolito se reduce y se desprende oxígeno que, a su vez, corroee al metal. Los agentes más comunes que provocan la corrosión electroquímica son las aguas que contienen sales, el aire húmedo, las disoluciones ácidas o básicas, etc. De ahí que a la corrosión electroquímica también se la denomine corrosión húmeda.

La conservación de los metales frente a la corrosión está ligada a diversos conceptos como el diseño del objeto, el tipo de metal, los recubrimientos protectores, el ambiente de exposición, la eventual presencia de inhibidores de la corrosión, etc. Las técnicas físicas y químicas más sencillas y frecuentes para la caracterización de los metales, su estado de conservación, pátinas y capas de corrosión y pasivación son la Microscopía Óptica y Electrónica de Barrido con Microanálisis de Dispersión de Energías de Rayos X y Metalografía (figura 1).

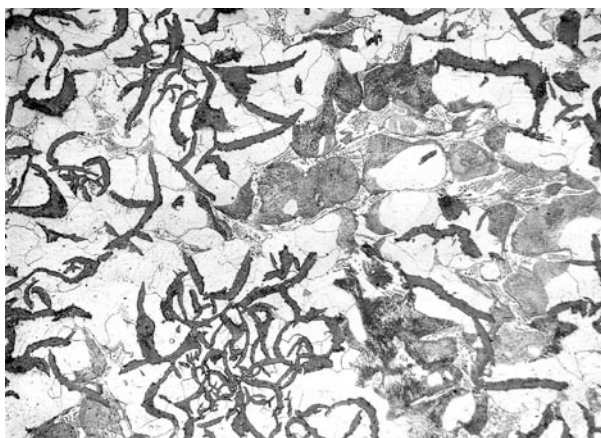


Figura 1. Imagen metalográfica de una fundición gris ferrítico-perlítica (x200) procedente del grupo escultórico de la fachada principal de la estación de ferrocarril de Atocha, Madrid (S.XIX).

Los procedimientos preventivos de la corrosión de los metales deberían comenzar por la reducción de la humedad relativa ambiental, la reducción de contaminantes gaseosos, sobre todo los de características ácidas, el uso de inhibidores de la corrosión en fase de vapor, etc. En la práctica, dichos procedimientos siempre van precedidos de una limpieza de la superficie y seguidos, en general, de la aplicación de un sistema de capas o de recubrimientos en forma líquida.

Las capas protectoras de la corrosión de los materiales metálicos en los bienes culturales suelen ser no metálicas, como barnices, resinas, esmaltes, lacas, etc., y deben garantizar una buena adherencia, impermeabilidad, inocuidad, compatibilidad estética con el objeto, reversibilidad, duración en el tiempo y fácil mantenimiento. Estas estrictas condiciones limitan la variedad de los posibles materiales a utilizar como capas protectoras.

2. Caracterización de vidrios

El vidrio ha desempeñado a lo largo de su historia un importante papel en su doble función como material, tanto para la fabricación de objetos utilitarios como para la creación artística de piezas. La antigüedad del vidrio y la abundancia de su producción han dado lugar a un valioso patrimonio histórico y cultural que justifica su conservación.

Los trabajos arqueométricos de datación y caracterización de vidrios históricos requieren tener un conocimiento básico de las características estructurales del material y de sus propiedades, para poder hacer una diagnosis correcta de su estado de conservación, evaluar su grado de deterioro y aplicar los tratamientos de limpieza, restauración y protección más adecuados en cada caso. Deben tenerse en cuenta la procedencia de las piezas a estudiar y las condiciones ambientales del medio o lugar en que éstas hayan permanecido. En cada situación los mecanismos físicos y químicos determinantes del ataque son diferentes y de ellos dependerá el tipo y la gravedad del deterioro producido. Los principales efectos del deterioro son la corrosión química, el debilitamiento mecánico, la alteración de los colores, la disminución de la transparencia, la aparición de irisaciones y las descamaciones superficiales (figura 2).

Los criterios de intervención deben establecerse según una metodología que generalmente requiere el concurso de varias técnicas de caracterización, tales como la observación visual y microscópica, el análisis químico, la identificación de fases cristalinas y la caracterización espectrofotométrica del color. De especial importancia es el análisis químico completo, ya que proporciona abundante información acerca del tipo de vidrio, de la época y lugar de fabricación, del mecanismo e intensidad del ataque sufrido, así como de los tratamientos de limpieza, restauración y protección más recomendables para su conservación.

Las vidrieras constituyen uno de los patrimonios europeos más valiosos y además su estado viene sufriendo un progresivo deterioro por la acción atmosférica, agravado en las últimas décadas por la creciente contaminación ambiental.

Estas razones justifican los estudios científicos sobre la degradación y conservación de este tipo de vidrios. Las causas que afectan a la conservación de las vidrieras se clasifican en intrínsecas y extrínsecas, es decir, las inherentes a la propia composición del vidrio y a sus defectos internos, y las que actúan exteriormente por agresiones químicas, físicas (mecánicas, térmicas, ópticas) y biológicas.



Figura 2. Diferentes patologías superficiales observadas en una vidriera con fragmentos de vidrio de distinta composición química.

Los estudios arqueométricos suelen ir seguidos por las labores de restauración. En los vidrios hay que resignarse a aceptar que las capas atacadas no se pueden regenerar. Cualquier tratamiento de restauración y protección requiere una limpieza previa de la superficie del vidrio para eliminar la suciedad, las costras formadas por alteración química y los depósitos de origen biogénico. Además, es necesario llevar a cabo reacciones de disolución y de descalcificación, y devolver al vidrio la transparencia y sus colores originales. Respecto a los métodos de limpieza debe imponerse el criterio “mínima intervención necesaria”. La restauración de las vidrieras también requiere el sellado de grietas y de bordes, la unión de los fragmentos rotos, el reengrosado de vidrios adelgazados, la fijación y consolidación de las capas de grisalla y policromías, la recomposición del dibujo, la renovación del emplomado, la eliminación de los plomos de rotura y la sustitución de las barras de fijación, bastidores y elementos metálicos por otros inoxidables.

Una vez restaurado el vidrio, es necesario aplicar tratamientos de protección para preservarlo de posibles alteraciones ulteriores. La aplicación de tratamientos protectores sobre el vidrio es muy controvertida. Dichos recubrimientos deben satisfacer los siguientes requerimientos: tener buena adherencia a la superficie que hayan de proteger, servir de barrera que impida la difusión del agua y de los agentes contaminantes, ser reversibles, no afectar al aspecto visual y mantenerse estables frente a la radiación solar, la humedad, los ciclos térmicos y los agentes contaminantes.

Bibliografía recomendada

Caracterización de metales

- Bartolini, M., Colombo, B., Marabelli, M., Marano, A., Parisi, C. (1997): Non-destructive tests for the control of ancient metallic artifacts. En: *Metal 95. Proc. Int. Conf. on Metals Conservation*, I.D. MacLeod, S.L. Pennec y L. Robbiola (eds.), pp. 43-49.
- Degrigny, C. (2008): The search for new and safe materials for protecting metal objects. En: *Metals and museums in the Mediterranean. Protecting, preserving and interpreting*, V. Argyropoulos (ed.), PROMET Project, pp. 179-235.
- Hollner, S., Mirambet, F., Rocca, E., Steinmetz, J. (2007): Environmentally friendly treatments for the protection of iron artefacts of the cultural heritage against atmospheric corrosion. En: *Metal 07. Proc. Interim Meeting of the ICOM-CC Metal WG*, C. Degrigny, R. Van Lang, I. Joosten y B. Ankersmith (eds.), Rijksmuseum Amsterdam, Vol. 5, pp. 64-70.
- Letardi, P. (2004): Laboratory and field tests on patinas and protective coating systems for outdoor bronze monuments. En: *Metal 04. Proc. Int. Conf. Metal Conservation*, J. Ashton y D. Hallam (eds.), National Museum of Australia, Canberra, pp. 379-387.
- Siatou, A., Argyropoulos, V., Charalambous, D., Polikreti, K., Kaminari, A. (2007): Testing new coating systems for the protection of metal collections exposed in uncontrolled museum environment. En: *Strategies for saving our cultural heritage*, V. Argyropoulos, A. Hein y M. Abdel Harith (eds.). Proc. Int. Conf. on Conservation Strategies for Saving Indoor Metallic Collections, pp. 115-120.

Caracterización de vidrios

- Bamford, C.R. (1977): Colour generation and control in glass. Elsevier Science Publishers (ed.), Amsterdam.
- Carmona, N., García Heras, M., Gil, C., Villegas, M.A. (2005): Chemical degradation of glasses under simulated marine medium. *Materials Chemistry and Physics* 94, 92-102.
- Carmona, N., Villegas, M.A., Fernández Navarro, J.M. (2006): Study of glasses with grisailles from historic stained glass windows of the Cathedral of León (Spain). *Applied Surface Science* 252, 5936-5945.

- Carmona N., Villegas, M.A., Jiménez, P., Navarro, J., García Heras, M. (2009): Islamic glasses from Al-Andalus. Characterisation of materials from a Murcian workshop (12th century A.D., Spain). *Journal of Cultural Heritage* 10, 439-445.
- Fernández Navarro, J.M. (2003): El vidrio. Constitución. Fabricación. Propiedades. Ed. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- Fernández Navarro, J.M. (1997): Constitución química de las vidrieras y métodos para su análisis y para el estudio de sus alteraciones. En: *Conservación de vidrieras históricas*, Ed. The Getty Conservation Institute, pp. 85-113.
- González-Acuña, D. (2006): PIXE-PIGE analysis of Late Roman glass fragments. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 249, 616-621.
- Newton, R., Davison, S. (1989): Conservation of glass. Ed. Butterworth-Heinemann, Ltd., Oxford.
- Ruano, E. (1996): Las cuentas de vidrio prerromanas del Museo Arqueológico de Ibiza y Formentera. Ed. Conselleria d'Educació, Cultura i Esports, Govern Balear.
- Varios autores (1999): Jornadas nacionales sobre restauración y conservación de vidrios. Ed. Fundación Centro Nacional del Vidrio, La Granja de San Ildefonso, Segovia.